



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Übersetzung der  
europäischen Patentschrift  
(5) EP 0628 146 B 1  
(10) DE 693 22 622 T 2

(5) Int. Cl. 6:  
**F 23 D 14/16**  
F 23 D 14/18  
F 23 D 14/14

DE 693 22 622 T 2

- (21) Deutsches Aktenzeichen: 693 22 622.6
- (25) PCT-Aktenzeichen: PCT/BE93/00010
- (26) Europäisches Aktenzeichen: 93 903 734.7
- (27) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 93/18342
- (28) PCT-Anmeldetag: 26. 2. 93
- (29) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: 16. 9. 93
- (30) Erstveröffentlichung durch das EPA: 14. 12. 94
- (31) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 16. 12. 98
- (32) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 27. 5. 99

(30) Unionspriorität:

9200209 03. 03. 92 BE  
9200811 16. 09. 92 BE

(22) Erfinder:

VANSTEENKISTE, Philip, B-8540 Deerlijk, BE;  
VERPLANCKE, Willy, B-8500 Kortrijk, BE; LEFEVER,  
Ignace, B-8540 Deerlijk, BE; LOSFELD, Ronny,  
B-8790 Waregem, BE

(23) Patentinhaber:

N.V. Bekaert S.A., Zwevegem, BE; N.V. Acotech  
S.A., Zwevegem, BE

(24) Vertreter:

Beetz und Kollegen, 80538 München

(25) Benannte Vertragstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, IE, IT, LI, LU, NL, SE

(54) PORÖSE METALLFIBER-PLATTE

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 693 22 622 T 2

07.01.99

EP 0 628 146

#### GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung betrifft eine poröse Metallfaserplatte. Solche Platten, in denen die Fasern zusammengesintert werden, verwendet man unter anderen Dingen als Filtermedien.

Es ist weiter aus dem europäischen Patent 0 157 432 bekannt, diese Fasernetzwerke als eine Membran für Strahlungsüberflächenverbrennungs-Brenner für Gasmischungen zu verwenden, soweit Cr und Al enthaltende Stahlfasern verwendet werden, um sie gegen hohe Temperaturen beständig zu machen.

Da die Porosität dieser nicht gewebten Stahlfasernetzwerke, Fasermatten oder gesinterten Faserplatten nicht immer vollkommen homogen ist, kann ein gleichmäßiger Quergasstrom über die gesamte Oberfläche der Platte nicht immer gewährleistet werden. Für eine Anzahl von Verwendungsfällen erwies sich dies als Nachteil, z. B. für Brennermembranen und für die gasdurchlässigen Trägerplatten für Wirbelschichtbehandlungen, bei denen ein gesteuerter gleichmäßiger Strom, in Verbindung mit einem geringen Druckabfall über die Dicke der Platte, erwünscht ist.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, diesen Nachteil der bekannten gasdurchlässigen Metallfaserplatten zu vermeiden und so Platten mit einem gesteuerten gleichmäßigen Gasstrom vorzusehen. Gemäß der Erfindung wird dieses Ziel durch ein Verfahren gemäß dem Anspruch 1 erreicht.

In einer Platte gemäß einem solchen Verfahren wird der Gasstrom hauptsächlich durch die Löcher getrieben. Dieses Merkmal ist u.a. im Hinblick auf die Erzielung eines geringen Druckabfalls durch die Platte günstig.

Soweit diese Platten bei sehr hohen Temperaturen verwendet werden müssen, ist es erforderlich, daß die Metallfasern, die verwendet werden, diesen Temperaturen widerstehen. Die äquivalenten Faserdurchmesser können im Bereich zwischen etwa 8  $\mu\text{m}$  und 150  $\mu\text{m}$  liegen. Mit einem äquivalenten Faserdurchmesser wird hier der Durchmesser einer fiktiven, völlig zylindrischen Faser gemeint, deren Querschnittsfläche der Durchschnittsquerschnittsfläche einer wirklichen Faser entspricht, die nicht völlig kreisförmig oder überhaupt nicht kreisförmig ist. Die Dicke der Platte ist vorzugsweise zwischen 0,8 mm und 4 mm, und die Platte ist steif und stark genug, um den gewählten Druckabfällen bei den gewünschten Porositäten zu widerstehen. Beispielsweise sind Plattendicken von 1, 2 und 3 mm geeignet. Die poröse Platte erfordert daher keinen Extraträger nahe ihrer Bodenfläche oder ihrer Oberseite (z.B. mit einer Stahlplatte). So bleiben die Boden und Oberseiten frei zugänglich.

Es ist eine andere Aufgabe der Erfindung, eine Gasbrennervorrichtung vorzusehen, die ein Gehäuse mit Zuführmitteln für das zu verbrennende Gas, ein Verteilungsbauelement für den Gasstrom und eine poröse Metallfaserplatte als eine Brennermembran aufweist, die einen steuerbaren und gleichmäßigen Gasstrom zur Brennermembranausgangsoberfläche und als Folge einen gleichmäßigen Verbrennungsprozeß über die gesamte Brenneroberfläche und mit einem geringen Druckabfall in dem die Membran durchströmenden Gasstrom ermöglicht.

Als ein Ergebnis wird eine dauerhafte Brennermembran vorgesehen, worin sich keine bestimmten Oberflächenbereiche aufgrund einer Überlastung oder Überhitzung gegenüber anderen Bereichen aufgrund von Inhomogenitäten der Porosität vorzeitig verschlechtern, wodurch unsteuerbare Vorzugs-gasstrombahnen und Brennbereiche verursacht werden.

Das Verfahren der Erfindung ermöglicht die Schaffung einer porösen Metallfaserplatte, die als eine Brennermembran über

07.01.99

einen enorm weiten Leistungsbereich brauchbar und daher sowohl für Oberflächenstrahlungs- als auch für Blauflammenarten geeignet ist.

Als ein Ergebnis ermöglicht die Erfindung die Schaffung von Brennermembranplatten, die erheblich niedrige CO und NO<sub>x</sub>-Emissionen und hohe Ausbeuten bieten.

Als ein weiteres Ergebnis ermöglicht die Erfindung die Schaffung eines Gasbrenners mit weniger Zwängen bezüglich einer Vorfiltrierung des einströmenden Gasstroms.

Das Vorsehen einer Gasverbrennungsvorrichtung mit geringerer Gefahr eines Auftretens von Resonanzen im Gasstrom und damit zum Vermeiden von Pfeifeffekten während des Betriebs ist als ein weiteres Ziel der Erfindung zu betrachten.

Auf der Basis mehrerer Ausführungsarten werden im folgenden weitere Einzelheiten erläutert. Zusätzliche Lösungen gemäß der Erfindung für besondere oder Teilprobleme oder Ziele und die Merkmale dieser Lösungen sowie die dadurch erzielten Vorteile werden ebenfalls erklärt werden.

Figur 1 ist eine Skizze einer porösen Platte mit kreisförmigen Löchern gemäß der Erfindung.

Figur 2 zeigt einen möglichen Weg des Einbaus dieser Platte in ein Gehäuse mit Zuführmittel für das Gas sowie Förder- und Strommitteln für dieses durch die Platte.

Figur 3 zeigt schematisch eine rohrförmige Vorrichtung zum Durchlaß des Gasstroms.

Die Figuren 4 bis 7 betreffen Draufsichten mehrerer Muster von in den porösen Platten anzubringenden Querdurchlässen, die nicht unter den Bereich des unabhängigen Anspruchs fallen.

Figur 8 zeigt einen Querschnitt einer Gasbrennervorrichtung gemäß der Erfindung, in der eine akustische Schalldämpf- schicht zwischen der Brennermembran und dem Verteilungs- bauelement befestigt ist.

Figur 9 zeigt einen Querschnitt einer Gasbrennervorrichtung, in der eine Anzahl von Schalldämpfschichten, möglicherweise zusammen mit leeren Zwischenräumen, enthalten sind.

Die poröse Metallfaserplatte 1 gemäß Figur 1 weist Löcher 2 auf, die in regelmäßigen Abständen  $p$  (Lochabstand) vonein- ander beabstandet sind. Diese Löcher sind vorzugsweise von zylindrischer Form und insbesondere kreisförmig-zylindrisch. Vorzugsweise ist die Fläche jedes Lochs 2 die gleiche und liegt zwischen 0,03 und  $3 \text{ mm}^2$ , obwohl noch bevorzugter zwischen 0,4 und  $1,5 \text{ mm}^2$  bzw. zwischen 0,5 und  $0,8 \text{ mm}^2$ . Wie man unten sieht, sind diese Abmessungen u.a. in Abhängigkeit von der Dicke der Platte 1, ihrer Porosität und der beab- sichtigten Verwendung zu wählen. Wenn das Loch 2 so einen kreisförmigen Querschnitt hat, ist der Durchmesser jedes Kreises 0,8 mm für eine Oberfläche von angenähert  $0,5 \text{ mm}^2$ . Die Löcher 2 werden vorzugsweise mit einem Stanzvorgang erzeugt, da dieser eine glatte Zylinderwand sichert. Falls so er- wünscht, können Löcher auch mit dreieckigen, quadratischen, rechteckigen oder anderen Formen gestanzt werden. Die Löcher können auch mit Laserstrahlen erzeugt werden. So sind im Prinzip sehr kleine Löcher mit einem Durchmesser von wenigstens 0,2 mm für dünne Platten möglich.

Die Figuren 4 bis 7 veranschaulichen andere bevorzugte Formen von Durchlässen: Schlitze verschiedener Formen und ihre regelmäßige Verteilung über die Plattenoberfläche. Zwei Bei- spiele eines geeigneten regelmäßigen Musters von benachbarten rechteckigen Schlitzen 9 sind in Figur 4 (rechte Seite bzw. linke Seite) gezeigt. Kreisförmige Durchlässe 2 und recht- eckige Schlitze 9 können über die Oberfläche abwechseln, wie in Figur 5 gezeigt ist. Ähnlich können ovale oder eliptische

Schlitte 11 mit kreisförmigen Löchern 2 abwechseln, wie in Figur 7 dargestellt ist. Ein Muster kreuzförmiger Schlitte 10 ist auch möglich, wie in Figur 6 veranschaulicht ist. Eine große Anzahl von regelmäßigen Verteilungen von Durchlässen mit verschiedenen Formen ist im Hinblick u.a. auf eine Minimierung oder Vermeidung jeglicher Pfeifwirkung im Gasstrom denkbar, wie noch weiter erläutert werden wird.

Jeder der Schlitte 9, 10, 11 sollte vorzugsweise eine Oberfläche von zwischen 1 und 10 mm<sup>2</sup> haben. Rechteckige oder im wesentlichen rechteckige Schlitte haben eine Schlitzbreite "w" von zwischen 0,3 mm und 2 mm und einer Länge "l" von zwischen 3 mm und 20 mm. Vorzugsweise gelten die Beziehungen  $0,5 \text{ mm} \leq w \leq 1 \text{ mm}$  und  $5 \text{ mm} \leq l \leq 10 \text{ mm}$ . Jedenfalls nimmt in einer Platte mit rechteckigen Schlitten 9 gemäß beispielsweise Figur 4 oder 5 die gesamte freie Durchlaßfläche 20 % bis 30 % der Gesamtoberfläche der Platte ein.

Der Abstand p zwischen benachbarten Löchern 2 wird so gewählt, daß ihre Gesamtoberfläche 5 % bis 25 % der Gesamtoberfläche der Platte und vorzugsweise 8 % bis 16 % einnimmt. Werte von 10 %, 12 % und 15 % sind angemessen. Um einen gleichmäßigen Strom über die Oberfläche zu sichern, werden die aufeinanderfolgenden Löcher vorzugsweise in einem Muster von benachbarten, gleichseitigen Dreiecken geordnet, worin jedes Loch 2 eine Ecke des Dreiecks einnimmt.

Die Porosität der Platte (zwischen den Löchern 2) ist stets zwischen 60 % und 95 %, jedoch vorzugsweise zwischen 78 % und 88 %. Die Plattenoberflächen können flach sein, eine (hochgeprägte) Reliefform haben oder z. B. auch gekrümmt oder gewellt sein.

Die Metallfasern, die zur Herstellung der porösen Platten verwendet werden können, und die Herstellung der Platten selbst, und insbesondere solche, die gegen sehr hohe Temperaturen beständig sind, werden in der gleichen

07.01.99

europäischen Patentanmeldung 390.255 beschrieben. Allgemein eignen sich nichtrostende Stahlfasern. Für die Hochtemperaturverwendungen, z. B. in Gasbrennern, sind Cr und Al enthaltende Stahlfasern, vorzugsweise die auch eine geringe Yttrium-Menge enthaltenden, zu verwenden.

Wie in Figur 2 dargestellt ist, kann die poröse Platte 1 gemäß der Erfindung in normaler Weise in ein Gehäuse 3 mit einem Zuführmittel 4 für das Gas eingebaut werden. Wenn diese Vorrichtung für die Funktion als ein Gasbrenner bestimmt ist, kann eine brennbare Gasmischung (z. B. Erdgas/Luft) zugeführt werden. Die so gebildete Vorrichtung kann außerdem ein Verteilungsbauelement 5 für den eintretenden Gasstrom aufweisen. Normalerweise ist dies eine Platte mit in dieser derart angeordneten geeigneten Löchern oder Durchlässen, daß ein gleichmäßiger Gasstrom mit einem geeigneten Druck die Einlaßseite der porösen Platte 1 erreicht. Die Oberfläche der freien Durchlässe in der Verteilungsplatte 5 kann zwischen 2 % und 10 % betragen. Im Fall eines zylindrischen Brenners (Figur 3) dient die Verteilungsplatte 5 auch als Trägerelement für die Endplatte 8. Das Verteilungsbauelement 5 kann möglicherweise gewellt sein und kann auch zum Neutralisieren möglicher Schallresonanzen im Gasstrom oder als eine Flammensperre oder -barriere wirken, falls sie in die Gaseinlaßseite der Platte 1, z. B. als Ergebnis eines Schadens (Risse) in der Brennerplatte, rückschlagen sollten. Falls erwünscht, können die Löcher einen konischen Eingang 6 und einen zylindrischen Ausgang 7 oder umgekehrt (umgekehrte Platte) einen zylindrischen Eingang und einen konischen Ausgang haben.

Ein Verteilungsbauelement 5 ist vorzugsweise auch für die Gaszufuhr zusammen mit einer Endplatte 8 in der zylindrischen Vorrichtung gemäß Figur 3 vorgesehen. Aufgrund der Flexibilität der Membranplatte 1 mit Lochmuster 2 können Zylinder relativ geringer Durchmesser aus flachen Platten gebogen werden.

07.01.89

Es wurde gefunden, daß mit bestimmten Formen von Brennergehäusen und Einbaukonstruktionen in den zu beheizenden Räumen (z. B. Kesseln) Resonanz bei verhältnismäßig hohen Leistungen, z. B. über  $1000 \text{ kW/m}^2$ , auftreten kann. Es scheint auch, daß Überschußluft in der Gasmischungszufuhr einen Einfluß auf die Resonanzneigung zusammen mit der Tatsache haben kann, ob das Gas entweder durch die Membran gezogen (gesaugt) oder durch sie geblasen wird. Schließlich kann auch das Muster von in der Membran selbst verwendeten Löchern eine Rolle bei der Resonanzerscheinung spielen.

Die Resonanzerscheinung steht vermutlich in Beziehung zum hohen Druckgradient der Gasmischung zwischen der relativ kalten Unterseite (Einlaßseite) der Brennermembran und der sehr heißen Oberseite (Ausgangsseite: Brennoberfläche). Durch Ändern der Strömungsdurchlaßvariablen, wie z. B. Überschußluft- und Gasmischungsströmungsgrad, tritt vermutlich eine Schwingungerscheinung zwischen der Flammenfront (d.h. dem Niveau der Flammenbasen) und der in die Löcher einströmenden Gasmischung auf. Die Flammenzungen können daher über der Brenneroberfläche auf- und abtanzen oder sogar mit ihren Flammenbasen zwischen einer Stellung in (oder sogar unter) den Löchern und einer Stellung über den Löchern (über der Brennoberfläche) schwingen. Dies kann durch lästige Pfeifgeräusche im Bereich von 1000 bis 1500 Hz begleitet werden. Dieser Nachteil kann auch angetroffen werden, wenn ein Brenner von einem Blasgas- zu einem Sauggassystem verändert wird.

Wie zuvor erwähnt, ist es eine Aufgabe der Erfindung, diesen Nachteil zu beseitigen und das Auftreten von Pfeifgeräuschen weniger kritisch zu machen. Die getroffene Maßnahme sollte jedoch keinen der anderen Vorteile des Konzepts mit der perforierten Brennermembran verringern. Insbesondere sollte die Maßnahme nicht zu einem drastischen Anstieg des gesamten

07.01.99

Druckabfalls über den Brenner oder einer (örtlichen) Destabilisierung der Flammenfront führen.

Die Lösung gemäß der Erfindung besteht darin, eine Gasbrennervorrichtung vorzusehen, die ein Gehäuse mit den folgenden, nacheinander stromab positionierten Bauelementen aufweist: Zuführmittel für das zu verbrennende Gas, ein Verteilungsbauelement, wenigstens eine akustische Schalldämpfsicht, die für Gas durchlässig ist, und eine poröse Platte als Brennermembran, die mit einem regelmäßigen Muster von Löchern versehen ist, die zusammen 5 % bis 35 % der Oberfläche der Platte ausmachen, wobei jedes Loch eine Oberfläche von zwischen 0,03 mm<sup>2</sup> und 10 mm<sup>2</sup> hat.

Einzelheiten werden auf der Basis einer Anzahl von Ausführungsarten erläutert, wobei auf die Figuren 8 und 9 Bezug genommen wird. Die Ausführungsarten sind nur als Beispiele zu verstehen.

Die Gasbrennervorrichtung gemäß Figur 8 enthält ein Gehäuse 16 mit den folgenden, nacheinander stromab voneinander positionierten Bauelementen: eine Zuführleitung 15 für die Gasmischung und ein Verteilungsbauelement 5 in der Form einer perforierten Metallplatte, die gegen die abgebogene Kante 22 der Zuführleitung 15 liegt. Das Gehäuse 16 ist an der Zuführleitung mit einer Schweißstelle 17 angebracht. Die Verteilungsplatte 5 ist beispielsweise 0,4 mm dick und mit Löchern 18 versehen, deren jedes einen Durchmesser von 0,4 mm hat. Die Löcher oder Kanäle 18 können in den Eckpunkten eines Musters von benachbarten gleichseitigen Dreiecken mit einer Dreieckseite (d.h. Abstand zwischen den Löchern) von 1,25 mm positioniert sein. Dies bedeutet eine freie Durchlaßoberfläche der Platte 5 von angenähert 10 %. In Abhängigkeit von den Umständen könnte diese freie Oberfläche genauso gut zwischen 5 % und 20 % liegen. Unter 5 % wird der Druckabfall zu hoch bei hohen Gasströmungsgeschwindigkeiten; über 20 %

07.01.99

wird der Verteilungseffekt für die Gasmischung bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten unzureichend.

Gegen die Auslaßseite des Verteilungsbauelements 5 liegt ein geschweißtes Drahtnetz 13 aus nichtrostendem Stahl mit einem Drahtdurchmesser von beispielsweise 0,125 mm und einer Gasdurchlässigkeit von 48 mesh\*.<sup>1</sup> In Abhängigkeit von den Umständen kann eine Durchlässigkeit von zwischen 30 mesh und 60 mesh gewählt werden. Es können auch zwei oder mehr Netze 13 übereinander, vorzugsweise von unterschiedlichen Durchlässigkeiten, gestapelt werden.

Stromab des geschweißten Drahtnetzes (oder der geschweißten Drahtnetze) 13, das bzw. die als akustische Schalldämpfeschicht(en) wirken, ist die poröse Membranplatte 1, die mit einem regelmäßigen Muster von Löchern 12 versehen ist. Diese poröse Platte ist wieder vorzugsweise eine gesinterte Metallfaserplatte, in der die Fasern hitzebeständig, d.h. beständig gegen die während des Betriebs auftretenden hohen Brennertemperaturen, und beständig gegen Wärmeschocks sind. Die Fasern sind daher vorzugsweise Stahlfasern mit einem geeigneten Cr- und Al-Gehalt: z. B. FeCr-Legierungsfasern, wie zuvor beschrieben.

Die Platte 1 ist beispielsweise 2 mm dick und hat eine Porosität von 80,5 % zwischen den Löchern. Der Faserdurchmesser im Beispiel 2 unten war 22  $\mu\text{m}$ , und der Durchmesser der zylinderförmigen gestanzten Löcher war 0,8 mm, während der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Löcher (d.h. der Regelabstand) 1,5 mm war. Die Platte 1 wird am Gehäuse 16 mit einer zwischen den beiden eingefügten keramischen Matte 14 festgelegt.

---

<sup>1</sup> \*Maschen je Zoll

07.01.90

Um die Resonanz mit besonderen Gasströmungsprofilen in speziell geformten Brennern für Sitationen, in denen die Gasmischung gezogen (gesaugt) wird, und/oder für besondere Konstruktionsparameter bezüglich des zu erhitzenen Verbrennungsraumes zu minimieren, kann in Betracht gezogen werden, einen Zwischenraum 23 oder 24 zwischen der akustischen Schalldämpfschicht 13 und dem Verteilungsbauelement 5 und/oder der Membran 1 vorzusehen, wie beispielsweise in Figur 9 gezeigt ist. In dieser Weise werden so verschiedene Ausführungsarten der Vorrichtung geschaffen. Die Vorrichtung kann z. B. eine Schalldämpfschicht 13 enthalten, die im Oberflächenkontakt mit dem Verteilungsbauelement 5 ist. In einer anderen Ausführungsart kann die Schicht 13 im Oberflächenkontakt mit sowohl dem Bauelement 5 als auch der porösen Platte 1 sein.

Eine andere Möglichkeit ist, die Schalldämpfschicht 13 als ein Laminat zu fertigen, das aus zwei Drahtnetzen 25 und 26 mit einer zwischen diese eingefügten porösen Matte besteht. Wenn so erwünscht, kann die Porosität und daher auch der Druckabfall über dieses Laminat unter dem Einfluß des Gasdrucks der eintretenden Mischung oder über (nicht dargestellte) äußere Arbeitsmittel geändert werden. Die poröse Matte 27 kann beispielsweise eine elastische Matte von Fasern, z. B. Stahlwolle sein. Zusätzlich zu einem stärkeren Verteilungseffekt auf die Mischung kann diese Querkompression bzw. -entspannung des Laminats den Druckabfall über die Membran 1 bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten senken, so daß wieder die Resonanzgefahr weniger kritisch wird.

Nach einer anderen Ausführungsart kann die Schalldämpfschicht 13 ganz oder teilweise aus einer porösen Masse von Fasern 27 bestehen. Wenn so gewünscht, kann diese Masse den gesamten Zwischenraum zwischen der Platte 1 und dem Bauelement 5 füllen. Vorzugsweise sind Mineralfasern (z. B. Steinwolle oder Stahlwolle) zu verwenden.

07.01.99

Schließlich kann die poröse Platte 1 auch ein Laminat von mit einander versinterten Drahtnetzen enthalten. Gewebte oder gewirkte Drahtnetze aus hitzebeständigen Drähten können für diesen Zweck verwendet werden. Eine geeignete Laminatstruktur wird im U.S.-Patent 3.780.872 beschrieben. Im ganzen sind diese Laminate steifer als die aus gesinterten Faserbahnen hergestellten. Daher werden sie vorzugsweise in flachen Brennern montiert. Ein Muster von Löchern wird natürlich auch durch diese Laminate gestanzt, wie oben beschrieben.

Wenn die Gasbrennervorrichtungen nur für einen Betrieb bei verhältnismäßig niedrigen Leistungen geplant sind oder wenn die Resonanzneigung an sich nicht vermieden werden muß, dann können auch gesinterte poröse Platten 1 als solche - aus Spänen oder geschnittenen Fasern oder auch aus Drahtnetzen, wie oben beschrieben - verwendet werden. In diesem Fall wird eine Schalldämpfschicht 2 nicht benötigt, und es sind Ausführungsarten entsprechend oder analog denen, die in der belgischen Patentanmeldung 09200209 beschrieben sind, anwendbar. Anstelle von FeCr-Legierungsfasern können auch keramische Fasern oder Drähte verwendet werden.

#### BEISPIEL 1

Eine flache gesinterte poröse Metallfaserplatte 1, die gemäß der Erfindung hergestellt wurde und die unten angegebenen Eigenschaften hat, kann als eine Membran für eine Gasbrennervorrichtung verwendet werden. Die Eigenschaften und Vorteile dieses Konzepts bezüglich früher angebotener Brennermembranen werden unten erläutert.

Die zu verwendenden Stahlfasern sind gegen hohe Temperaturen beständig und enthalten für diesen Zweck in Gew.% beispielsweise 15 bis 22 % Cr, 4 bis 5,2 % Al, 0,05 bis 0,4 % Y, 0,2 bis 0,4 % Si und höchstens 0,03 % C. Sie haben einen Durchmesser von zwischen 8 und 35 µm, beispielsweise angenähert 22

07.01.99

μm. Die Fasern können durch eine Technik des Bündelziehens erhalten werden, wie z. B. aus dem U.S.-Patent 3.379.000 bekannt ist und wie im U.S.-Patent 4.094.673 erwähnt wird. Sie werden zu einer nicht gewebten Faserbahn gemäß einem Verfahren oder ähnlich dem Verfahren verarbeitet, das aus den U.S.-Patenten 3.469.297 oder 3.127.668 bekannt ist. Danach werden diese Bahnen durch Pressen und Sintern zu einer porösen Platte 1 mit einer Porosität von zwischen 78 % und 88 % verdichtet. Porositäten von 80,5 %, 83 % und 85,5 % sind sehr üblich.

Es ist auch möglich, dickere Metallfasern als hitzebeständige Fasern in der porösen Platte zu verwenden, z. B. Fasern mit äquivalenten Durchmessern von zwischen 35 und 150 μm, die aus Drahtspänen oder Abschnitten aus einer Platte der gewünschten hitzebeständigen Legierung (z. B. FeCr-Legierung) bestehen. Diese Fasern sehen ziemlich wie Stahlwolle aus und können nach einem Spanverfahren hergestellt werden, wie es z. B. im U.S.-Patent 4.930.199 offenbart wurde.

Diese poröse Platte 1 wird nun in einer Form angebracht und mit einer geeigneten Stanzeinrichtung (Stempel mit Stanzstiften) mit einem regelmäßigen Muster von vollkommen begrenzten kreisförmigen zylindrischen Durchlässen oder Löchern 2 mit einem Durchmesser von beispielsweise 0,8 mm versehen. Bei einem Abstand von 2 mm zwischen jedem Paar benachbarter Löcher wird eine freie Oberfläche von nahezu 15 % erhalten. Im Vergleich mit einer Platte ohne Löcher steigert diese Ausbildung die Flexibilität und erleichtert so gleichzeitig den Prozeß des Formens z. B. zu Zylindern. Die Löcher bilden auch Sperren gegen das Einreißen oder die Ausbreitung von Rissen, die sich in der Membranplatte als Ergebnis der fluktuierenden Wärmefbelastung während des Betriebs bilden können. Falls so erwünscht, kann das Muster von Löchern durch ein Waffelmuster ergänzt werden, wie in EP 390.255 beschrieben wird.

07.01.99

Wann auch immer Löcher in einer festen Stahlplatte auszustanzen sind, muß die Dicke der Platte stets dünner als der Durchmesser der Löcher sein. Überraschenderweise wurde jedoch gefunden, daß dies für das Stanzen von Löchern in den porösen Platten gemäß der Erfindung nicht erforderlich ist. Daher gibt es einen weiten Bereich der Auswahl für das Verhältnis der Plattendicke zum Durchmesser oder zur Abmessung der Löcher oder Durchlässe.

Die großen Vorteile der Erfindungsidee erscheinen jedoch, wenn die zu verbrennende Gasmischung durch die poröse Membranplatte 1 durchströmt. Tatsächlich strömt die Gasmischung nun hauptsächlich durch die Löcher 2, weshalb der Druckabfall über die Membran 1 beträchtlich niedriger (als für Platten ohne Löcher) für einen bestimmten Strömungsdurchsatz ist oder wodurch höhere Strömungsdurchsätze - und folglich größere Wärmeausgänge oder -leistungen - für einen bestimmten Druckabfallwert erzielt werden können. Der Leistungsbereich kann nun zwischen 150 und 900 kW/m<sup>2</sup> für eine Strahlungsoberflächenverbrennung gewählt und auf den eines Blauflammenoberflächenbrenners mit einem Ausgang oder einer Leistung von bis zu 4000 kW/m<sup>2</sup>, in Abhängigkeit von Faktoren, wie z. B. dem Luftüberschuß in der Gasmischung bezüglich einer stöchiometrischen Gasverbrennungsmischung, gesteigert werden.

Die Porosität der Platte 1 führt zu der Tatsache, daß ein kleiner Teil des Gases stets durch die Poren zwischen den Löchern 2 zur heißen Ausgangsoberfläche durchdringt. Wie unten erläutert, fördert dies erheblich ein gleichmäßiges und stabiles Verbrennen über einen weiten Last- oder Leistungsbereich. Besonders bei höheren Strömungsdurchsätzen wächst der Teil des Gases, der zwischen den Löchern durch die Platte durchdringt, proportional an. Es ist nun genau bei diesen höheren Strömungsdurchsätzen (und folglich höheren Leistungen, wenn der Prozentsatz der Überschlußluft in der Gasmischung der gleiche bleibt), daß der Neigung, die blaue

07.01.99

Flamme auf dem Niveau der Löcher wegzublasen, entgegengewirkt werden muß. Das Verbrennen des Gases an der Oberfläche der Platte zwischen den Löchern 2 bleibt, wie es war, eine stabile (blaue) Flammenfront über die gesamte Plattenoberfläche und verhindert, daß diese Front (oder die blauen Flammenzungen darin) von der Plattenoberfläche weggeblasen wird bzw. werden. Die zungenförmigen Flammen über jedem Loch bleiben, wie vorher, mit ihren Basen - oder Wurzeln - an der Plattenoberfläche verankert.

Die weitgehend horizontale Ausrichtung der Fasern innerhalb der porösen Platte fördert auch den Isoliereffekt der Membran. Tatsächlich läuft die Wärmeleitung hauptsächlich in der Außenseitenoberfläche (strahlende Seite) der Platte und viel weniger in die Tiefe (durch die Dicke) der Platte. Außerdem gibt es den andauernden gleichmäßigen Kühlleffekt der Kaltgaszufuhr in direktem Kontakt mit der Schicht von Fasern an der Gaseinlaßseite. Andererseits fördert diese gleichmäßige Wärmeverteilung auf dem Niveau der Plattenoberfläche die gleichmäßige Verbrennung der Gasschicht und einen stabilen Verbrennungszustand über einen weiten Last- oder Leistungsbereich an der Ausgangsseite der Platte zwischen den aufeinanderfolgenden Löchern 2. Mit einer porösen Membranschicht 1, die an ihrer Gaseintrittsseite beispielsweise an einer Trägerstahlplatte angebracht ist und wobei die poröse Schicht zusammen mit der Trägerplatte das gleiche Muster von Löchern haben, wird dieser Isoliereffekt insgesamt geringer, und die erreichbaren Leistungen werden niedriger sein. Andererseits bleibt bei einer anderen Ausführungsvariante, d.h. einer porösen Membran ohne Löcher, die an einem Gasverteilungsplattenträger mit einem regelmäßigen Muster vieler kleiner Löcher (z. B. Lochdurchmesser von 0,3 mm und Abstand oder Mitte-Mitte-Abstand benachbarter Löcher von 1,25 mm) angebracht ist, der erzielbare Gasströmungsdurchsatz für einen gegebenen Druckabfall mehr beschränkt als mit der Platte gemäß der Erfindung. Außerdem sind mit dieser An-

07.01.99

ordnung die hohen Leistungen je Brenneroberflächeneinheit nicht erreichbar.

Ein anderer Vorteil gegenüber den bekannten Plattenmembranen ohne Löcher bezieht sich auf die Tatsache, daß es nun viel weniger - wenn überhaupt - nötig ist, das zuzuführende Gas vorzufiltrieren, da es hauptsächlich durch die größeren Durchlässe (Löcher) 2 und nur in sehr begrenztem Ausmaß durch die kleinen Poren in der Platte 1 durchströmt. Die Membranplatten gemäß der Erfindung müssen auch mit einem Rückstrom viel weniger häufig gereinigt werden, als es bei porösen Platten ohne Löcher oder Durchlässe der Fall war.

Die Plattendicke, ihre Porosität und die Abmessung der Durchlässe oder Löcher müssen natürlich alle miteinander so koordiniert werden, daß für keinen Brennerzustand ein Rückschlag zur Gaseinlaßseite auftritt.

Bei einem Verbrennungstest wurden die folgenden Beobachtungen für eine gesinterte Faserplatte 1 aus den bekannten FECRALLOY-Fasern mit einem Durchmesser von 22  $\mu\text{m}$  festgestellt. Die Platte war 2 mm dick, hatte eine Porosität von 80,5 % und wurde in eine Gasbrennervorrichtung des in Figur 2 veranschaulichten Typs eingebaut. Ein Muster von Löchern wurde in die Membran 1, wie in Figur 2 gezeigt, gestanzt: der Durchmesser der Zylinderlöcher war 0,8 mm, und es lag ein regelmäßiges geometrisches Muster von Löchern mit einem Abstand  $p = 2$  mm in einem regelmäßigen Gitter benachbarter gleichseitiger Dreiecke vor. Die Verteilungsplatte 5 (0,4 mm dick) befand sich in einem Abstand von 5 mm von der Platte 1 und war mit Löchern von 0,4 mm Durchmesser und mit deren Abstand von 1,5 mm versehen. Dies ergab eine freie Durchlaßoberfläche von 6,5 %. Es gab keine Geräuschresonanzen oder Pfeifgeräusche während des Betriebs.

Der Druckabfall in der Gasmischung durch die Platte (mbar) wächst etwas schneller als linear mit der erhaltenen Leistung

07.01.90

(kW/m<sup>2</sup>). Bei einem Druckabfall von 0,05 mbar wurde eine Leistung von 150 kW/m<sup>2</sup> festgestellt, und bei einem Druckabfall von 3 mbar wurde eine Leistung von 3500 kW/m<sup>2</sup> erreicht. Die Gasmischung bestand aus 8,1 % Erdgas und 91,9 % Luft. Es wurde Erdgas mit einem verhältnismäßig niedrigen Wärmewert von 10 kWh/Nm<sup>3</sup> verwendet, und man setzte 30 % Überschußluft zu.

Ein Strahlungsoberflächenbrennerzustand wurde bis etwa 800 kW/m<sup>2</sup> ermittelt. Bei höheren Leistungen ging das Verbrennen in eine Blauflammenart über. Die Temperatur der Membranoberfläche (Gasauslaßseite) wuchs auf angenähert 850°C bei etwa 700 kW/m<sup>2</sup> und fiel allmählich beim Übergang zu höheren Leistungen (Blauflammenart) auf angenähert 600°C. Die Membrantemperatur an der Gaseinlaßseite blieb unter 150°C und sank bei der Blauflammenart sogar auf unter 100°C. Die gemessene NO<sub>x</sub>-Emission (ppm) wuchs allmählich über den gesamten Leistungsbereich bis auf 2000 kW/m<sup>2</sup>. Sie war jedoch nur etwa 10 ppm bei 700 kW/m<sup>2</sup> und stabilisierte sich für Leistungen bei 2000 kW/m<sup>2</sup> und darüber bei etwa 15 bis 20 ppm. Die gemessenen NO<sub>x</sub>-Werte sind tatsächlich die Daten, die auf ihren Wert bei 0,002 % in den Verbrennungsgasen reduziert sind. Diese sehr niedrigen NO<sub>x</sub>-Werte lassen sich wahrscheinlich durch die Tatsache erklären, daß die Flammenzungen über den Löchern kleinbleiben, so daß die Temperatur in ihren Kernen relativ niedrig bleibt. Der CO-Gehalt war über den gesamten Leistungsbereich nahe Null.

Abschließend wurde daher gefunden, daß für Brennerverwendungsfälle mit der Erfindung zum ersten Mal die Idee einer porösen Platte verfügbar ist, die über einen enorm weiten Leistungsbereich verwendet werden kann und daher sowohl für die Oberflächenstrahlungs- als auch für die Blauflammenart geeignet ist. Außerdem bietet die Idee bedeutend niedrige CO und NO<sub>x</sub>-Emissionen und bietet auch hohe Ausbeuten.

- 17 - 07.01.99

## BEISPIEL 2

Bei der Ausführungsart der Figur 8 ist die poröse Platte 1 im Oberflächenkontakt mit dem 48 mesh-Drahtnetz 13. Eine Gas-mischung aus Erdgas und Luft wurde durch die kompakte Kombination dieses Drahtnetzes 13, das zwischen der 2 mm dicken porösen Platte 1 und dem Verteilungsbauelement 5 mit freier Durchlaßoberfläche von 10 % (beide oben beschrieben) zusammengehalten wird, im Gehäuse 16 geleitet. Die Abmessung der quadratischen Brenneroberfläche war 150 mm x 150 mm. Es wurden verschiedene Anteile von Überschußluft verwendet (1,1 bis 1,3), und die Strömungsdurchsätze wurden so gesteigert, daß Leistungen im Bereich von  $500 \text{ kW/m}^2$  bis  $5000 \text{ kW/m}^2$  entwickelt wurden.

In der folgenden Tabelle 1 werden die Resonanzergebnisse in der Spalte [1 + 2 + 3] angegeben. Zum Vergleich werden die Verbrennungstests in der Tabelle für Ausführungsarten mit einer Kombination von nur der Platte 1 und des Verteilungsbauelements 5: Spalte [1 + 3] und für die Ausführungsart ohne Drahtnetz 13 und ohne Platte 5: Spalte [1] wiederholt. Das Minuszeichen in der Tabelle gilt für die erwünschte Abwesenheit von Pfeifgeräuschen während des Brennens, während das Pluszeichen das Auftreten eines störenden Pfeifgeräusches andeutet. Pfeifgeräusche deuten darüber hinaus auf eine Schwingung der Flammenbasen 20 in den Löchern 12 hin, wie mit einem Pfeil 21 angedeutet wird.

18  
37.01.93

TABELLE 1

LAST [kW/m <sup>2</sup> ]	LUFTÜBER- SCHUSS [n]	[1]	[1+3]	[1+2+3]
500	1,1	-	-	-
	1,2	-	-	-
	1,3	-	-	-
1000	1,1	+	-	-
	1,2	-	-	-
	1,3	-	-	-
2000	1,1	+	+	-
	1,2	+	-	-
	1,3	-	-	-
3000	1,1	+	+	-
	1,2	+	+	-
	1,3	+	-	-
4000	1,1	+	+	-
	1,2	+	+	-
	1,3	+	+	-
5000	1,1	+	+	-
	1,2	+	+	-
	1,3	+	+	-

Wir können aus der Tabelle ableiten, daß ein geringerer Luftüberschuß (1,1) leichter zu einer Resonanz führt, als es ein größerer Luftüberschuß (1,2 oder 1,3) tut. Außerdem sieht man, daß sich die günstige Wirkung des Drahtnetzes 13 besonders bei den höheren Leistungslasten (über 1000 kW/m<sup>2</sup>) zeigt.

07.01.93

-19-

EP 0 628 146

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung einer gesinterten porösen Metallfaserplatte (1) innerhalb eines weiten Bereichs von Plattendicken und mit Ermöglichung eines gleichmäßigen Quergasstroms dadurch, das die Erzeugung eines regelmäßigen Musters von Querlöchern oder -durchlässen (2) einer vollkommen begrenzten zylindrischen Abmessung darin vorsieht, die eine gesamte freie Durchlaßfläche von 5 % bis 35 % der ganzen Oberseitenfläche der Platte einnehmen, wobei jedes Loch (2) eine Oberfläche von zwischen  $0,03 \text{ mm}^2$  und  $10 \text{ mm}^2$  hat, und das die Schritte des Anordnens der Platte (1) in einer Form und des Erzeugens der Querdurchlässe mittels eines Prägestempels mit Stanzstiften der geeigneten Abmessung aufweist, die die Platte durchdringen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Platte eine Dicke von zwischen 0,8 mm und 4 mm hat.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Löcher (2) eine zylindrische Kreisform mit jeweils einer Oberfläche von zwischen  $0,03 \text{ mm}^2$  und  $3 \text{ mm}^2$  haben.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Durchlässe Schlitze (9 bis 11) mit jeweils einer Oberfläche von zwischen 1 und  $10 \text{ mm}^2$  sind.

07.01.99  
20

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem sowohl Schlitze (9, 11) als auch kreisförmige Öffnungen (2) vorhanden sind.
6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine Porosität zwischen aufeinanderfolgenden Durchlässen zwischen 60 % und 95 % liegt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Porosität zwischen 78 % und 88 % liegt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Metallfasern gegen hohe Temperaturen beständig sind und einen äquivalenten Durchmesser zwischen 8 und 150  $\mu\text{m}$  haben.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Metallfasern Aluminium und Chrom enthaltende Stahlfasern sind.
10. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Löcher eine Oberfläche von zwischen 0,5 und 0,8  $\text{mm}^2$  haben.
11. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die freie Durchlaßoberfläche zwischen 8 % und 16 % einnimmt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die aufeinanderfolgenden Löcher (2) in einem Muster gleichzeitiger Dreiecke angeordnet werden, worin jedes Loch (2) einen Eckpunkt des Dreiecks enthält.
13. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Schlitze im wesentlichen rechteckig mit einer Breite "w" von zwischen

07.01.99

- 21 -

0,4 und 2 mm und einer Länge "l" von zwischen 3 und 20 mm sind.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Schlitze eine Breite  $0,5 \text{ mm} \leq w \leq 1 \text{ mm}$  und eine Länge  $5 \text{ mm} \leq l \leq 10 \text{ mm}$  haben.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei dem die gesamte freie Durchlaßfläche 20 % bis 30 % der ganzen Oberseitenfläche der Platte einnimmt.
16. Gasbrennervorrichtung, die ein Gehäuse (3) mit Zuführmitteln (4) für das zu verbrennende Gas, ein Verteilungsbauelement (5) für das Gas und eine poröse Platte (1) aufweist, die gemäß Anspruch 1 als Brennermembran erzeugt wurde.
17. Gasbrennervorrichtung nach Anspruch 16, die ein Gehäuse mit den folgenden, nacheinander stromab voneinander positionierten Bauelementen: Zuführmittel (15) für das zu verbrennende Gas, ein Verteilungsbauelement (5), wenigstens eine akustische Schalldämpforschicht (13), die für Gase durchlässig ist, und eine poröse Platte (1) als Brennermembran aufweist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, in der die akustische Schalldämpforschicht (13) wenigstens ein Drahtgeflecht enthält.

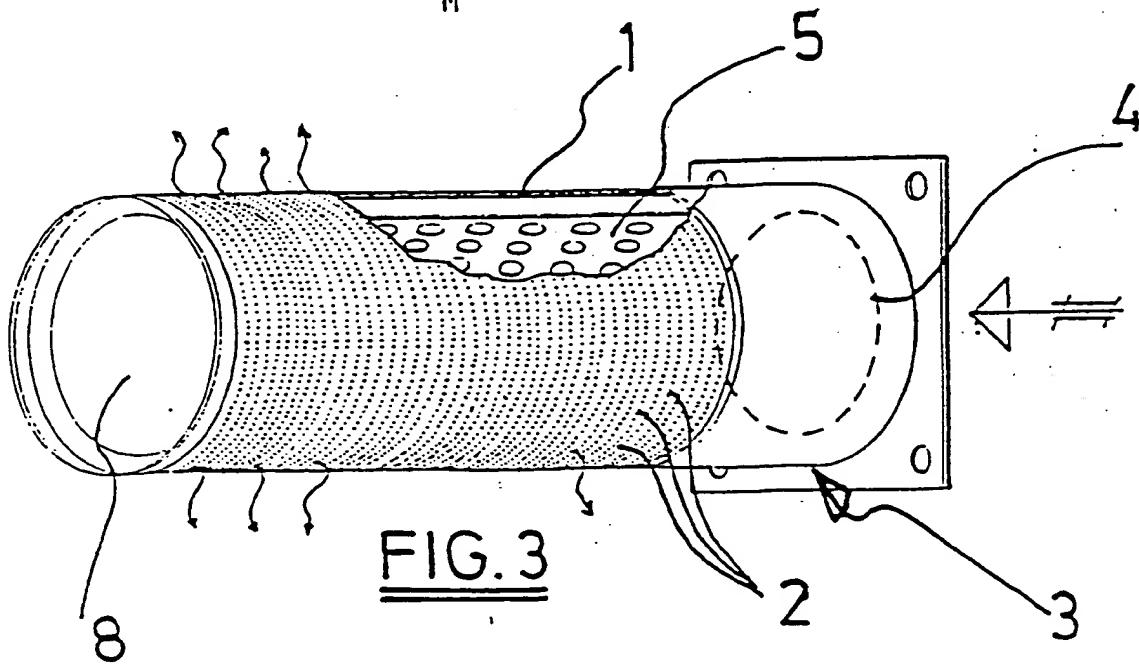
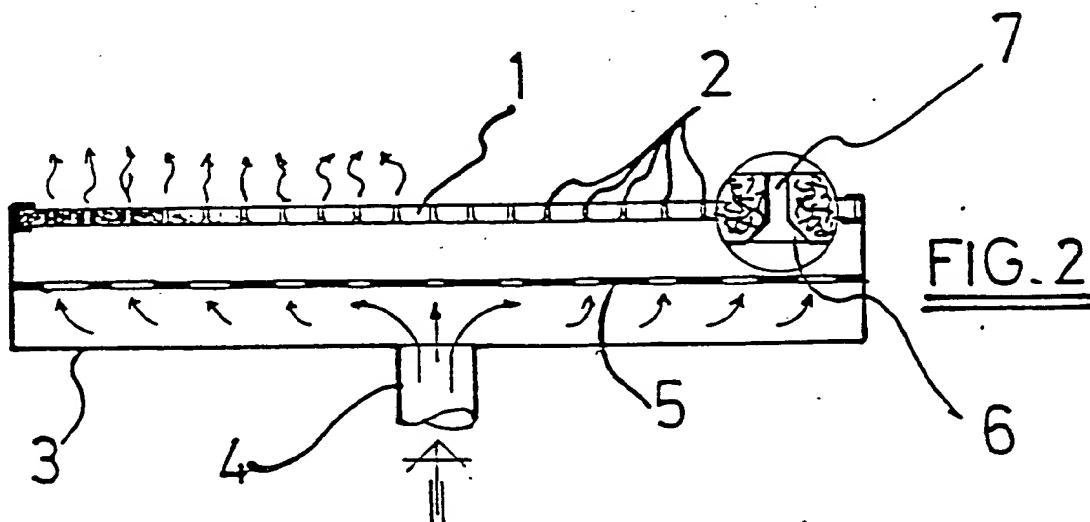
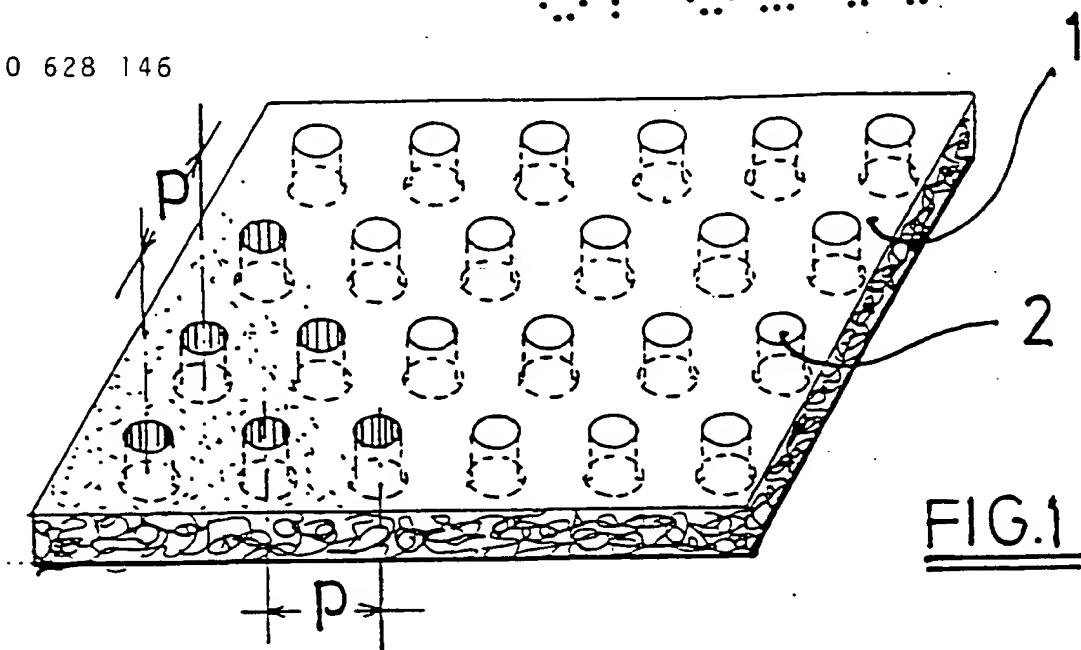
07.01.99

- 22 -

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, in der die Schalldämpfeschicht (13) entweder völlig oder teilweise aus einer porösen Masse von Fasern (27) besteht.

- 1/3 - 07.01.99

EP 0 628 146



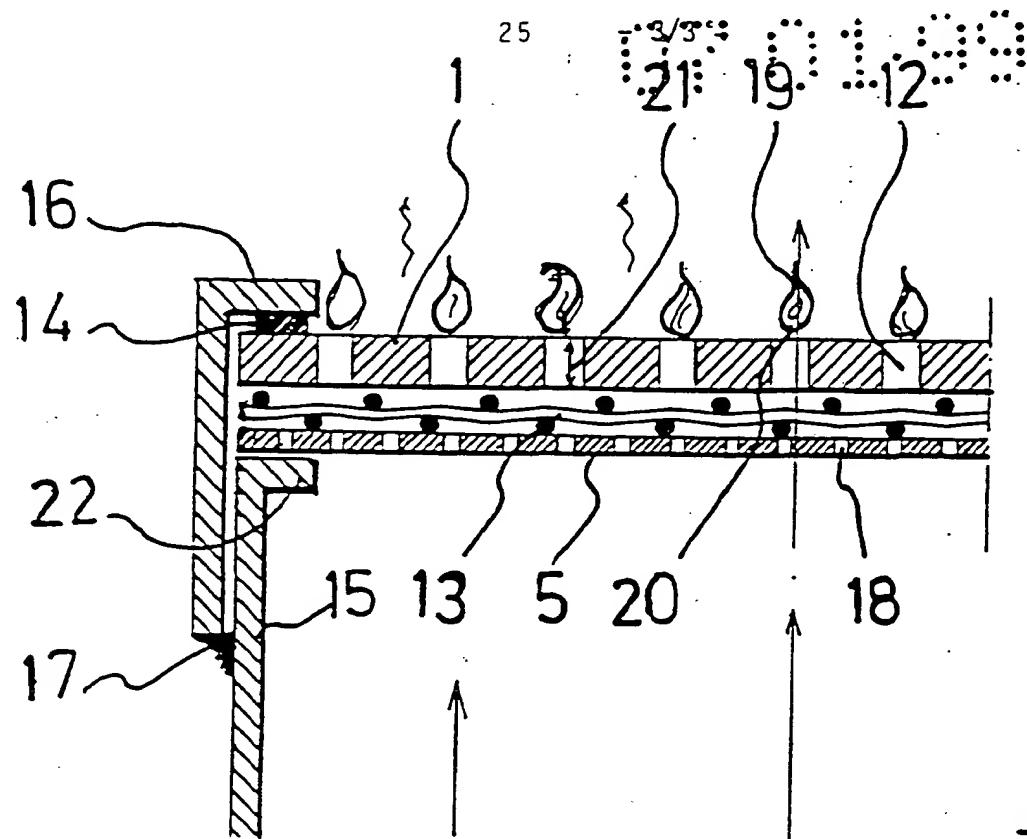


FIG. 8

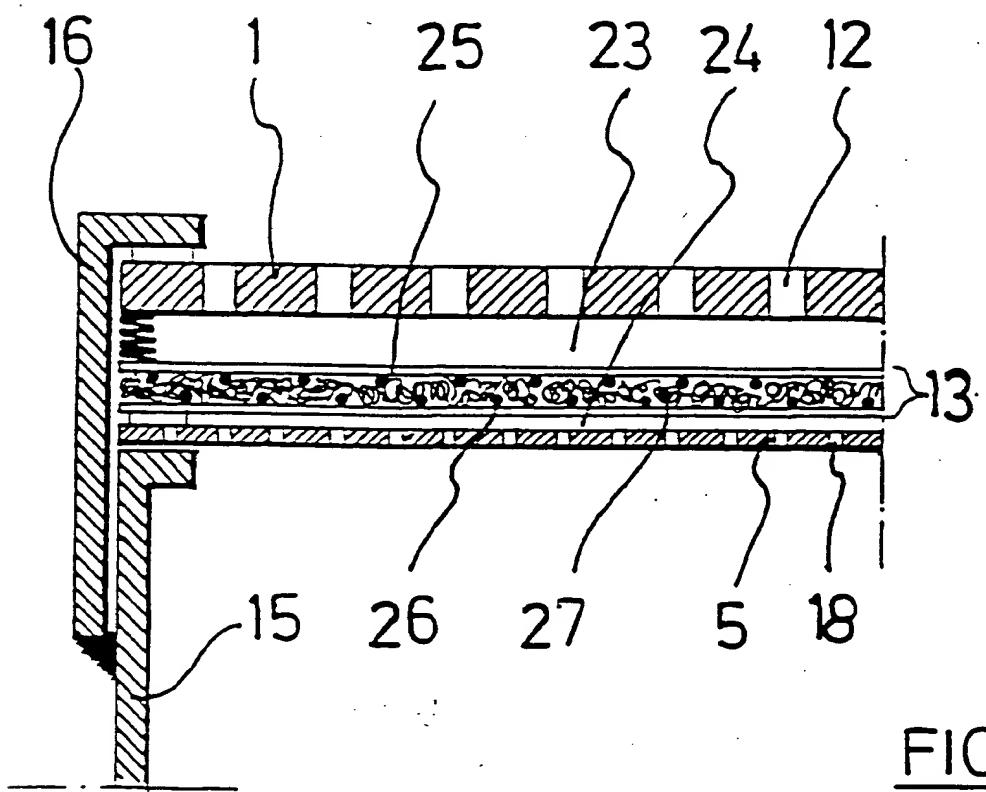
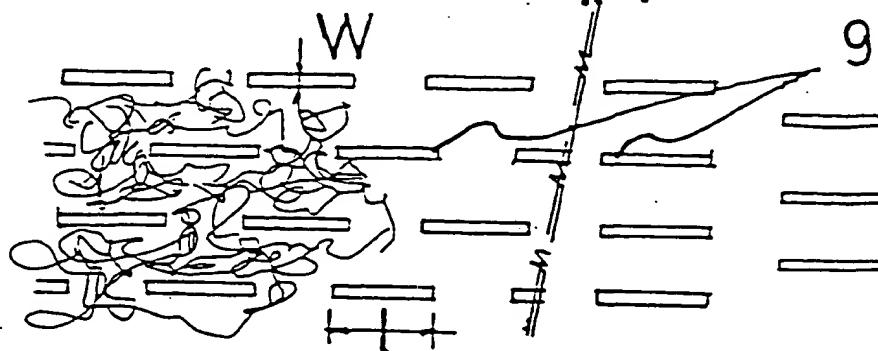
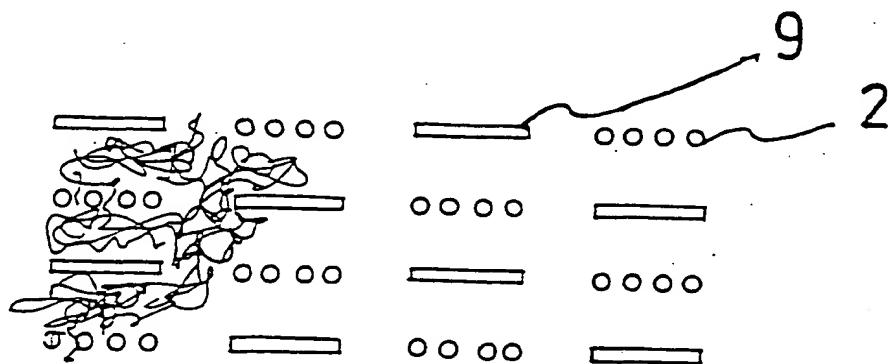
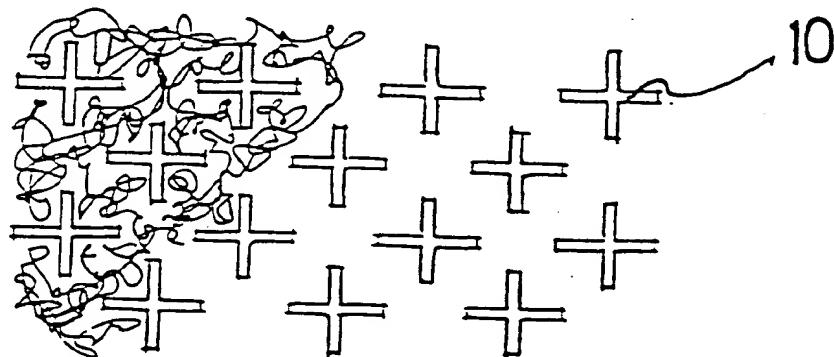
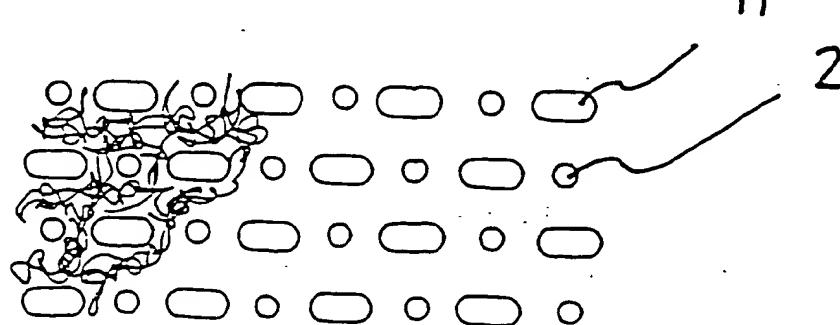


FIG. 9

24

- 2/3

17.01.99

FIG.4FIG.5FIG.6FIG.7